

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-272305

(43)Date of publication of application : 07.11.1990

(51)Int.Cl.

G01B 11/00  
H01L 21/027

(21)Application number : 01-094965

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 14.04.1989

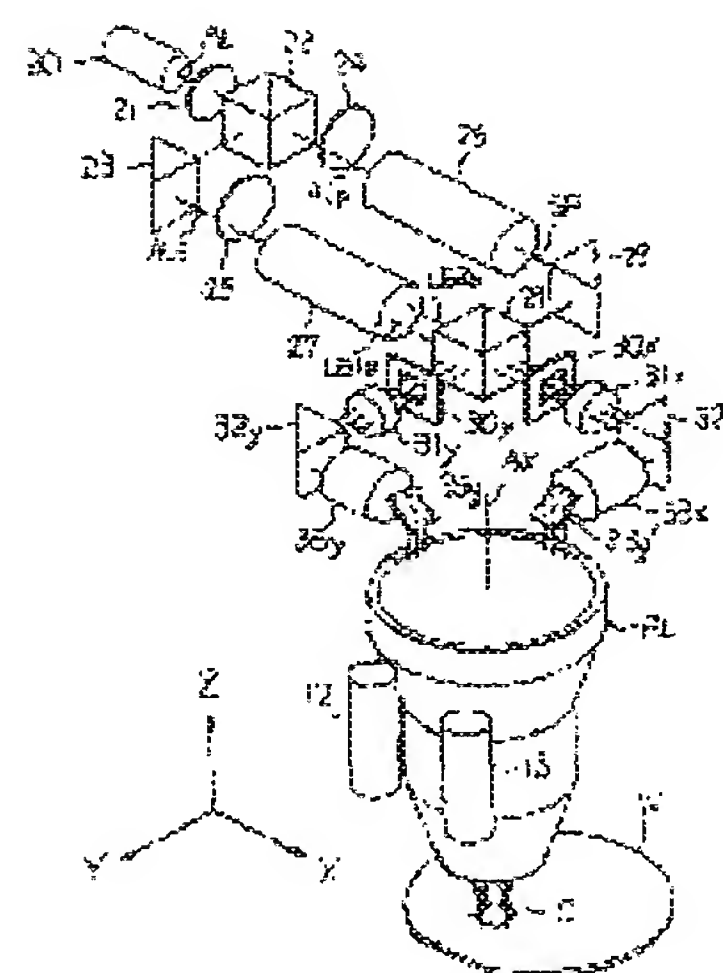
(72)Inventor : UMAGOME NOBUTAKA  
OTA KAZUYA  
MIZUTANI HIDEO  
KOMATSU KOICHIRO

## (54) ALIGNING DEVICE FOR EXPOSING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To miniaturize a device and to eliminate offset between two kinds of optical systems by sharing an optical system member other than two sets of beam forming optical systems to the maximum and switching and using the beam forming optical systems in accordance with the shape of an alignment mark.

**CONSTITUTION:** An illuminating light beam for alignment is emitted from a laser beam source 20 and reaches a polarized beam splitter 22, then the wave surface thereof is splitted to be two light beams, which enter a 1st beam forming optical system 26 and a 2nd beam forming optical system 27 through shutters 24 and 25, pass a beam splitter 29, and enter position detection systems 33X and 33Y through lenses 31X and 31Y and mirrors 32X and 32Y. Then, they enter the entrance pupil PLa of a projecting lens PL through mirrors 33g' and 33g to be projected to wafer W surface as spot light. The beams are switched and used by the shutters 24 and 25 in accordance with the shape of the alignment mark.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-272305

⑤ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)11月7日

G 01 B 11/00  
H 01 L 21/027

G 7625-2F

7376-5F H 01 L 21/30 3 1 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全19頁)

⑭ 発明の名称 露光装置の位置合わせ装置

⑰ 特 願 平1-94965

⑱ 出 願 平1(1989)4月14日

⑲ 発 明 者 馬 込 伸 貴 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内  
⑲ 発 明 者 太 田 和 哉 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内  
⑲ 発 明 者 水 谷 英 夫 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内  
⑲ 発 明 者 小 松 宏 一 郎 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内  
⑲ 出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
⑲ 代 理 人 弁 理 士 渡 辺 隆 男

明 細 書

1. 発明の名称

露光装置の位置合わせ装置

2. 特許請求の範囲

(1) マスクに形成されたパターンを感光基板上に露光する装置に設けられ、所定波長のコヒーレントな光ビームを発生する照明系と、少なくとも前記感光基板側がテレセントリックな対物光学系を含み、前記光ビームを前記感光基板上に照射する照射光学系と、前記感光基板に形成された所定形状の位置合わせマークから発生する光情報を前記対物光学系を介して受光する光電検出器とを有し、該光電検出器の検出信号に応じて前記マスクと前記感光基板とを相対的に位置合わせする装置において、

前記照明系内に設けられ、前記光ビームとして前記対物光学系の瞳面の略中央を通る第1光束と、前記第1光束の中心に関して略点対称となるように前記瞳面を通る2本の第2光束とを射出する多

光束化手段と；前記第1光束と2本の第2光束とのいずれか一方のみを前記対物光学系の瞳面に通すように切換える切換手段とを備え、前記位置合わせマークの形状に応じて前記第1光束と2本の第2光束との切換えを行うことを特徴とする位置合わせ装置。

(2) 前記2本の第2光束は、前記対物光学系の瞳面で略スポット状に集光した後、前記2本の第2光束の各々が略平行光束となって、前記対物光学系から所定の角度で交差するように射出されることを特徴とする請求項第1項記載の位置合わせ装置。

(3) 前記位置合わせマークは、所定の周期構造で形成され、前記対物光学系の瞳面での前記第1光束の中心と前記2本の第2光束の各中心を結ぶ直線の方が、前記位置合わせマークの周期方向と略平行となるように、前記第1光束と2本の第2光束とを前記瞳面に入射させることを特徴とする請求項第1項又は第2項記載の位置合わせ装置。

(4) 前記照射光学系は、前記対物光学系の前記

感光基板側での前記第1光束の主光線の角度と前記2本の第2光束の各主光線の角度との各々を同時に偏向する偏向手段を有し、該偏向手段は前記対物光学系の臙面又はその共役面若しくはそれらの近傍のいずれかの面内に配置されることを特徴とする請求項第1項乃至第3項記載の位置合わせ装置。

(5) 前記照射光学系は、前記第1光束と2本の第2光束とが互いに略直交して入射するように配置され、前記第1光束と2本の第2光束との各々を2分割する光分割手段を有し、該光分割手段で2分割した前記第1光束と2本の第2光束とを、夫々前記対物光学系を介して前記感光基板上に照射することを特徴とする請求項第1項乃至第4項記載の位置合わせ装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、半導体素子や液晶表示素子等の製造に使用される露光装置に関し、特に回路パターン

射し、マークから発生する回折光(又は散乱光)を光電検出するものである。従って、LSA系はマーク検出可能範囲(サーチ範囲)が広く、しかも高速なアライメント計測が可能となるため、現在ではLSA系によるエンハンスメント・グローバル・アライメント(EGA)が、ステッパーのアライメント方式の主流となっている。尚、EGAについては特開昭61-44429号公報に開示されており、ウエハの中心及びその外周付近に位置する複数チップの座標値を計測し、これら計測値から統計的手法により算出したチップ配列に従ってウエハステージをステッピングさせ、レチクルパターンの投影像とチップとを正確に重ね合わせるものである。しかし、LSA系はレジストの塗布むら、アルミニウム層のスパッタリングによるウエハの表面荒れ、或いは各種処理プロセスによる回折格子のエッジ破壊等を要因として光電信号のS/N比が悪くなり、ランダム誤差の発生によってアライメント計測精度が低下してしまうこともある。

が形成されたレチクル(マスクと同義)と、この回路パターンが転写される感光基板(ウエハ)とを相対的に位置合わせ(アライメント)する装置に関するものである。

#### (従来の技術)

近年、半導体素子製造のリソグラフィ工程では、レチクルパターンを高分解能でウエハ上に転写する装置として、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置、所謂ステッパーが多用されるようになってきている。この種のステッパーには、レチクルパターンの投影像とウエハ上にマトリックス状に形成された回路パターン(チップ)とを正確に重ね合わせるアライメント光学系として、TTL(Through The Lens)方式のレーザ・ステップ・アライメント(LSA)系が設けられている。LSA系の構成については、例えば特開昭60-130742号公報に開示されているので説明は省略するが、細長い帯状スポット光を投影レンズを介してウエハマーク(回折格子マーク)上に照

そこで、例えば特開昭61-215905号公報に開示されたように、ウエハ上に形成された1次元の回折格子マークを光学的に検出して、そのピッチ情報からウエハの位置を高分解能に検出する方法が提案されている。この開示された方式は回折格子マークに対して2方向から平行なレーザビームを同時に照射して1次元の干渉縞を作り、この干渉縞を使ってマーク位置を特定するものであり、干渉縞を使うことから干渉縞アライメント法とも呼ばれている。このような干渉縞アライメント法にも2つの方法があり、2方向から照射されるレーザビームに一定の周波数差を与えるヘテロダイン法と、周波数差のないホモダイン法である。ホモダイン法では回折格子マークと平行に静止した干渉縞が作られ、位置検出にあたっては回折格子マーク(物体)をそのピッチ方向に微動させる必要があり、マーク位置は干渉縞を基準として求められる。これに対してヘテロダイン法ではレーザビームの周波数差(ビート周波数)のため、干渉縞がその縞方向(ピッチ方向)にビート周波



数で高速に流れることになり、マーク位置は干渉縞を基準として求められず、専ら干渉縞の高速移動に伴う時間的な要素（位相差）を基準として求めることになる。このヘテロダイン法或いはホモダイン法を採用したアライメント光学系（以下、Laser Interferometric Alignment; L I A系と呼ぶ）は、複数の長い格子エレメント（バーパターン）が平行に配列された回折格子マーク（デューティは1:1）を用いるため、ウエハの表面荒れや各種処理プロセスに対して強く、しかもマークからの回折光強度に応じた光電信号の位相（正弦波）が、格子ピッチPの1/2の位置ずれに対して360度変化するため、高分解能の計測を行うことが可能となっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記の如きL I A系は高分解能である反面、位置ずれ量がP/2ずれる毎に位相差が2 $\pi$ だけ回って元に戻るようになる。このため、2本のレーザビームによって作られる干渉縞

問題もある。

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、レチクル周辺でのスペースを最小とし、ウエハの表面荒れ等によるアライメント精度の低下を防止でき、高速、高精度にアライメントが可能な位置合わせ装置を得ることを目的としている。

〔課題を解決する為の手段〕

かかる問題点を解決するため本発明においては、レチクルRに形成された回路パターンをウエハW上に露光する装置に設けられ、所定波長のコヒーレントな光ビームを発生するレーザ光源20を光源とする照明系と、少なくともウエハ側がテレセントリックな投影レンズPL〔対物光学系〕を含み、光ビームをウエハW上に照射する照射光学系と、ウエハW上に形成されたL S AマークWM<sub>x</sub>s, WM<sub>y</sub>sを含むウエハマークWM<sub>x</sub>、WM<sub>y</sub>〔位置合わせマーク〕から発生する光情報を投影レンズPLを介して受光する光電検出器33iとを有し、光電検出器33iからの光電信号SDi、

に対して、少なくとも $\pm P/4$ 内に回折格子マークを位置決め（プリアライメント）しておかないと、P/2の整数倍のアライメント誤差が生じるという問題点があった。そこで、このマーク検出可能範囲（ $\pm P/4$ ）が狭いL I A系とは別に、干渉縞に対してマークを $\pm P/4$ 内にプリアライメントするためのアライメント光学系、例えばL S A系を設けることが考えられる。上述した如くL S A系はサーチ範囲が広く、高速計測が可能であるため、プリアライメントを行うのに好適なアライメント光学系であるが、同種の機能を有するL I A系とL S A系とを別々にステッパーに設けることは、スペース、コスト、光学調整等の点で極めて不利となる。特にスペースにおいて、狭いレチクル周辺にアライメント光学系が集中することは、アライメント光学系を含む全ての設計において不利となる。また、ウエハ上には1つのチップ（ショット領域）について両方のアライメント光学系のための回折格子マークを別々に設けなければならない、マーク面積が増大してしまうという

SDr及び光ビーム信号SDw（検出信号）に応じて、レチクルRとウエハWとを相対的に位置合わせする装置において、照明系内に設けられ、光ビームとして投影レンズPLの入射瞳PLaの略中央を通るスポット光SP〔第1光束〕と、このスポット光SPの中心に関して略点対称となるように入射瞳PLaを通るビームLB1p, LB2p〔第2光束〕とを射出するL S A光学系26及びL I A光学系27〔多光束化手段〕と；スポット光SPとビームLB1p, LB2pとのいずれか一方のみを入射瞳PLaに通すように切替えるシャッター24, 25〔切換手段〕とを設け、位置合わせマークの形状に応じてスポット光SPとビームLB1p, LB2pとの切換えを行うように構成する。

〔作用〕

本発明では、照明光として対物光学系の瞳面の略中央を通る第1光束と、第1光束の中心に関して略点対称となるように瞳面を通る2本の第2光

束とを射出する多光束化手段（2組のビーム成形光学系）と、第1光束と2本の第2光束とのいずれか一方のみを対物光学系の瞳面に通すように切換える切換手段とを設け、感光基板上に形成された位置合わせマークの形状に応じて、第1光束と2本の第2光束との切換えを行うように構成している。この際、本発明ではアライメント光学系が照明光を2分割して2組の位置検出系（照射光学系と光電検出器とを含む）にそれぞれ入射させるための光分割器を有することに留意し、第1光束と2本の第2光束とが互いに略直交して入射するように光分割器を配置することによって、この光分割器以降の光学部材（2組の位置検出系）を共有させるように構成している。このため、レチクル周辺でのスペースを最小とし、しかも2組のビーム成形光学系、即ち2種類のアライメント光学系間でのオフセットの発生を防止することができる。また、2組の位置検出系のどちらか一方で、2種類のアライメント光学系の光軸が正確に合致するように照明光の光路調整を行えば、もう一方

より水平面内で2次元（回転も含む）に移動され、その位置はレーザ干渉計6によって、例えば $0.02\mu\text{m}$ 程度の分解能で常時検出される。尚、レチクルRにはパターン領域PAに付随して、レチクルマークRMx、RMy（矩形の透明窓、RMyのみ図示）が形成されている。さて、パターン領域PAを通過した照明光ILは、両側（若しくは片側）テレセントリックな投影レンズPLに入射し、投影レンズPLはパターン領域PAに形成された回路パターンの投影像を、レジスト層が塗布され、その表面が結像面IMと略一致するように保持されたウエハW上に投影する。ウエハWは不図示のウエハ・ホルダー（θテーブル）を介してウエハステージWS上に載置され、ウエハステージWSは駆動部7によりステップ・アンド・リピート方式でX、Y方向に2次元移動し、且つZ方向に微動するように構成されている。また、ウエハステージWSのX、Y方向の位置はレーザ干渉計8によって、例えば $0.02\mu\text{m}$ 程度の分解能で常時検出され、ウエハステージWSの端部

の位置検出系でのアライメント光学系の光軸も正確に合致するため、その調整に要する時間も短く済ませることができる。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の実施例によるTTL方式のアライメント光学系を備えたステッパーの概略的な構成について、第1図～第6図を参照して詳述する。

第2図において、超高圧水銀ランプ、エキシマレーザ装置等の照明光源1は、g線、i線或いはKrFエキシマレーザ光等のレジスト層を感光するような波長（露光波長）の照明光ILを発生し、この照明光ILはオブチカルインテグレータ（フライアイレンズ）等を有する照明光学系2に入射する。照明光学系2により光束の一様化、スペckルの低減化等が行われた照明光ILは、ビームスプリッター3及びミラー4を介してメインコンデンサーレンズCLに至り、レチクルステージRSに載置されたレチクルRのパターン領域PAを均一な照度で照明する。レチクルRは駆動部5に

にはレーザ干渉計8からのレーザビームを反射する移動鏡8mが固定されている。

また、ウエハステージWSにはベースライン計測時等で用いられるフィデューシャル・マークを備えた基準部材（ガラス基板）10が、ウエハWの表面位置と略一致するように設けられている。この基準部材10にはフィデューシャル・マークとして、第3A図に示すような光透過性のスリットパターンである十字パターン10aと、光反射性のクロム層で凸凹により形成された基準マーク（デューティは1:1）10x、10yとが設けられている。ここで、第3B図に基準マーク10yの概略的な構成を示す。基準マーク10yは複数のドットマークがX方向に配列された回折格子マーク（以下、LSAマークと呼ぶ）10ysと、X方向に伸びた複数本（図中では12本）のバーパターンとを有し、例えば $4\mu\text{m}$ のライン・アンド・スペース・パターンが形成されるように、LSAマーク10ysを中心としてY方向に配列されたものである。また、光透過性の十字パターン

10aは、不図示の光ファイバーを用いて基準部材10の下へ伝送された照明光（露光光）によって、下方（ウェハステージWS内部）から照明されるように構成されている。この十字パターン10aを透過した照明光は、投影レンズPLを介してレチクルRの裏面（パターン面）に十字パターン10aの投影像を結像する。レチクルマークRM<sub>y</sub>（或いはRM<sub>x</sub>）を透過した照明光は、コンデンサーレンズCL及びミラー4を通して、ビームスプリッター3で反射された後、投影レンズPLの瞳共役面に配置された光電検出器を含む光量検出系9により受光されるように構成されている。

さらに、第2図には投影レンズPLの結像面IMに向けてピンホール或いはスリットの像を形成するための結像光束 $\ell_1$ を、光軸AXに対して斜め方向より供給する照射光学系11aと、その結像光束 $\ell_1$ のウェハWの表面での反射光束 $\ell_2$ を受光する受光光学系11bから成る斜入射方式の焦点検出系11が設けられている。この焦点検出系11の構成等については、例えば特開昭60-

施例ではLIA系とLSA系とから成るアライメント光学系（以下、Site by Site Alignment; S S A系と呼ぶ）の構成について詳述する。第1図はS S A系の概略的な構成を示す斜視図、第4図は第1図に示したS S A系の主要部をさらに詳細に説明した図である。第4図ではシャッター24、25に対して図中で紙面と平行な偏波面を持つ光をP偏光とし、それと垂直な偏波面を持つ光をS偏光とする。また、説明を簡単にするために第1図又は第2図中に示したミラー28、32y、33d、33f及び33gは省略してある。尚、ウェハW上にはチップCに付随して、第3B図に示した基準マーク10x、10yと同一形状のLSAマークWM<sub>x</sub>s、WM<sub>y</sub>sを含むウェハマークWM<sub>x</sub>、WM<sub>y</sub>が形成されている。

第1図において、所定波長の直交直線偏光のアライメント用照明光（ビーム）ALはレーザ光源20から射出され、偏光状態を変化させる偏波面回転部材（以下、単に波面回転板と呼ぶ）21を介して偏光ビームスプリッター22に至り、P偏

168112号公報に開示されており、ウェハ表面の結像面IMに対する上下方向（Z方向）の位置を検出し、ウェハWと投影レンズPLとの合焦状態を検出するものである。また、投影レンズPLから一定間隔で固定され、専らウェハマークを検出するオフ・アクシス方式のウェハ・アライメント（WGA）系12、13が、X方向に関して所定間隔だけ離れて設けられている。WGA系12、13の構成等については、例えば特開昭60-130742号公報に開示されているので説明は省略するが、ガルバノミラー等の振動鏡によって細長く伸びた帯状のスポット光をウェハマーク（回折格子マーク）上で微小振動させ、マークからの回折光又は散乱光に応じた光電信号を光電顕微鏡と同様に同期検波するものである。尚、本実施例では共にX方向に伸びたスポット光をY方向に微小振動させ、ウェハマークのY方向の位置を検出するものである。

次に、第1図、第4図を併用して本実施例によるアライメント光学系（20〜33）、特に本実

光成分から成るビームAL<sub>p</sub>とS偏光成分から成るビームAL<sub>s</sub>とに波面分割される。尚、レーザ光源20はレジスト層に対してほとんど感度を持たない波長（非露光波長）、例えば波長633nmのHe-Neレーザを光源とすることが望ましい。さて、偏光ビームスプリッター22を通過したビームAL<sub>p</sub>は、シャッター24を介してシリンドリカルレンズ等を含む第1ビーム成形光学系（以下、LSA光学系と呼ぶ）26に入射する。一方、偏光ビームスプリッター22で反射されたビームAL<sub>s</sub>は、ミラー23及びシャッター25を介して2光束周波数シフター等を含む第2ビーム成形光学系（以下、LIA光学系と呼ぶ）27に入射する。シャッター24、25は、それぞれビームAL<sub>p</sub>、AL<sub>s</sub>の光路の開鎖、開放を行う、例えば4枚羽根のロータリーシャッターであって、常にいずれか一方の光路のみを開放するように同時に回転制御される。尚、シャッター24、25を設ける位置は、偏光ビームスプリッター22と後述するビームスプリッター29との間であれば



どこでも構わない。従って、本件発明の多光束化手段としてのLSA光学系26、LIA光学系27及び、切換手段としてのシャッター24、25を含む照明系(20~27)は、LSA光学系26、LIA光学系27からそれぞれ射出する照明光を切換可能に発生することが可能となって、いずれか一方の照明光のみを後述する如く投影レンズPLの入射瞳PLaに通すと共に、ウェハマークの形状(本実施例では、LSAマークWMxs、WMysか、ウェハマークWMx、WMyc)に応じて照明光の切換えを行うことができるようになる。

ここで、波面回転板21として1/2波長板を回転可能に設けると、ビームALは1/2波長板の回転角に応じた光強度(光量)比で波面分割され、LSA光学系26とLIA光学系27の必要光量に応じて、ビームALp、ALsの光量比を最適なものに調整できることになる。しかも、このことは波面回転板21及び偏光ビームスプリッター22がシャッター機能を持つことを意味し、

る。第4図に示すようにシャッター24を通過したビームALpは、ビームエクspander26aで所定のビーム径に拡大され、シリンдриカルレンズ26bにより細長い楕円ビームSPに成形された後、第1リレーレンズ26c、平行平板26d及び第2リレーレンズ26eを介して平行平板26fに至る。平行平板26d、26fは、共にLSA光学系26の光軸AXaに対して2次元傾斜可能に設けられ、第2リレーレンズ26eはその後側焦点位置が後述するレンズ31x、31yの前側焦点位置と一致するように配置される。平行平板26fを通過、即ちLSA光学系26を射出した第1光束としての楕円ビームSPは、ミラー28で反射された後、本件発明の光分割手段としてのビームスプリッター29によって、同一光量となるように2分割(振幅分割)される。ビームスプリッター29で2分割された楕円ビームSPは、それぞれ第2リレーレンズ26eの後側焦点位置に配置された視野絞り30x、30yで一度スリット状に収束した後、第1図に示すよ

特にシャッター24、25を省略することも可能である。また、ビームALと略同一光量のビームALp(又はALs)がLSA光学系26(又はLIA光学系27)に入射することになり、ビームALの光量損失がないといった利点もある。しかし、1/2波長板の厚さ精度(シャッターとしての遮光精度)や光量調整の容易さ等を考慮し、本実施例では上記の如くシャッター24、25を別設し、波面回転板(1/2波長板)21は所定の回転角で固定しておくものとする。また、波面回転板21及び偏光ビームスプリッター22は、共にレーザ光源20の光軸に対して微小角度(例えば、1°程度)だけ第1図中のXY平面内で傾けて配置されている。このため、ビームAL(ALp、ALs)の光路中に配置された波面回転板21等の光学部材からの反射光がレーザ光源20に戻ることによって、ビームALの発振を不安定にする現象、所謂バックトークの発生が防止される。

次に、LSA光学系26の構成を簡単に説明す

うにレンズ31x、31y及びミラー32x、32yを介して位置検出系33x、33yに達する。さらに、位置検出系33x、33yを通過した楕円ビームSPは、それぞれミラー33g'、33gを介して投影レンズPLの入射瞳PLaに至り、入射瞳PLaの略中央を通過して露光フィールド内でそれぞれY、X方向に伸び、且つ光軸AXに向かうように、細長い帯状スポット光(シートビーム)SPとしてウェハW上に形成される。尚、入射瞳PLaにおいて楕円ビームの長手方向はそれぞれX、Y方向と略一致しており、この入射瞳PLaにおける楕円ビームの長手方向とウェハW上に照射されるスポット光の長手方向とは互いに略直交している。また、位置検出系33x、33yは同一構成であるため、第2図及び第4図では位置検出系33yのみ図示してある。

ここで、第2図中に示した位置検出系33yにおいて楕円ビームSP(P偏光)は、偏光ビームスプリッター33a、1/4波長板33b、及び本件発明の偏向部材としての2次元傾斜可能な平

行平板33cを通った後、ミラー33dを介して対物レンズ33eに達する。1/4波長板33bにより円偏光となった楕円ビームSPはミラー33fで反射され、位置検出系33y内の空間上の焦点33α(ウエハ共役面)で、対物レンズ33eにより一度スリット状に収束した後、ミラー33g及び投影レンズPLを介してウエハW上にスポット光SP(円偏光)として形成される。次に、スポット光SPがLSAマークWMysをY方向に相対走査すると、LSAマークWMysからは正反射光(0次光)34以外に、回折光(1次光以上)35や散乱光36(不図示)が生じる。これら光情報(円偏光)は再び投影レンズPL等を通して、1/4波長板33bによりS偏光となった後、偏光ビームスプリッター33aで反射され、瞳リレー系33hを介して瞳共役面に配置された光電検出器(受光素子)33iにより受光される。光電検出器33iは、これら光情報のうちの高次回折光、例えば±1〜3次回折光35と散乱光36とをそれぞれ光電検出し、この回折光3

にAOM45bと呼ぶ)に入射する。AOM45aは周波数f1の高周波信号SF1でドライブされ、第5図には示していないが、その周波数f1で決まる回折角だけ偏向された1次光をビームLB1として出力する。一方、AOM45bは周波数f1であるビームLB1との差周波数Δfとなるように、周波数f2( $f2 = f1 - \Delta f$ )の高周波信号SF2でドライブされ、同様にその周波数f2で決まる回折角だけ偏向された1次光をビームLB2として出力する。尚、AOM45a、45bに対する入射ビームのうちの0次光は、適当な位置に配置されたスリット(不図示)で遮光される。また、ドライブ周波数f1、f2と差周波数Δfとの関係は、 $f1 \gg \Delta f$ 、 $f2 \gg \Delta f$ であることが望ましく、Δfの上限は光電検出器33i等の応答性によって決まる。本実施例ではAOM45a、45bのドライブ周波数f1、f2を、例えばそれぞれ80、025MHz、80、000MHzとし、その周波数差Δfを25KHzと低く設定しているため、2つのAOM45a、

5、散乱光36の各強度に応じた光電信号SD1、SD2をアライメント信号処理回路(以下、ASCと呼ぶ)14に出力する。

次に、LIA光学系27の構成について説明する。第4図において、シャッター25を通過したビームALsは、2つの音響光学変調器等から成る2光束周波数シフター27aに入射し、互いに周波数が異なり、且つ共に直交した直線偏光を含む2本のビームLB1、LB2に変換される。ここで、2光束周波数シフター27aの構成を第5図に示す。第5図において、ビームALs(S偏光)はミラー40で反射され、1/4波長板41及びレンズ42を通った後、偏光ビームスプリッター43によって、同一光量となるようにP偏光ビームとS偏光ビームとに波面分割される。偏光ビームスプリッター43を通過したP偏光ビームは、ミラー44を介して第1音響光学変調器45a(以下、単にAOM45aと呼ぶ)に入射し、偏光ビームスプリッター43で反射されたS偏光ビームは、第2音響光学変調器45b(以下、単

45bでの1次回折光の回折角は共に等しくなっている。さて、AOM45aにより周波数f1に変調されたビームLB1は、平行平板46を介してSSA系の瞳面に配置された偏向ビームスプリッター49に入射する一方、AOM45bにより周波数f2に変調されたビームLB2は、平行平板47及びミラー48を介して偏向ビームスプリッター49に入射する。偏光ビームスプリッター49は、ビームLB1、LB2を完全に同軸に合成するのではなく、所定量だけ間隔をあけるようにビームLB1、LB2を互いに平行に合成する。従って、平行平板46、47はビームLB1、LB2の進行方向に所定角度だけ傾斜して配置され、その2次元的な傾斜角を任意に調整できるように設定される。この結果、偏光ビームスプリッター49、即ち2光束周波数シフター27aから射出するビームLB1、LB2は、第4図に示すようにLIA光学系27の光軸AXbを挟んで対称に射出されることになる。

2光束周波数シフター27aから射出した2本



の平行なビームLB1(P偏光で周波数 $f_1$ )とLB2(S偏光で周波数 $f_2$ )とは、共に1/2波長板27bにより偏光方向が $45^\circ$ だけ回転させられた後、偏光ビームスプリッター27cに入射する。これより、ビームLB1は周波数 $f_1$ のP偏光ビームLB1pとS偏光ビームLB1sとに波面分割され、ビームLB2は周波数 $f_2$ のP偏光ビームLB2pとS偏光ビームLB2sとに波面分割される。さて、偏光ビームスプリッター27cで反射される2本のS偏光ビームLB1s(周波数 $f_1$ )、LB2s(同 $f_2$ )は、瞳を像面に変換するレンズ系(逆フーリエ変換レンズ)27dを介して、装置上で固定されている参照用回折格子27eに、異なる2方向から所定の交差角 $\theta$ で入射し結像(交差)する。光電検出器(受光素子)27fは、参照用回折格子27eを透過した0次光以外の回折光(干渉光)を受光し、回折光強度に応じた正弦波状の光電信号SRを出力する。この光電信号SRは、ビームLB1s、LB2sの差周波数 $\Delta f$ に比例した周波数となり、

により同一光量となるように2分割(振幅分割)され、それぞれ視野絞り30x、30yで一度交差した後、レンズ31x、31y等を介して位置検出系33x、33yに入射する。ビームLB1p、LB2pは位置検出系33y内の焦点33aで一度交差し、入射瞳PLaにおいてスポット光(楕円ビーム)SPの中心に関して略点対称となるように、一度スポット状に集光して入射瞳PLaを通った後、ウエハマークのピッチ方向に関して光軸AXを挟んで互いに対称的な角度で傾いた平行光束となって、ウエハマーク上に異なる2方向から交差角 $\theta$ で入射し結像(交差)する。ここで、入射瞳PLaにおいてビームLB1p、LB2pの各スポットは、スポット光SPの中心を通り、且つスポット光SPの長手方向(Y方向)に伸びた直線上に、上述した如くスポット光SPの中心に関して略点対称となるように形成される。また、ビームLB1p、LB2pの交差角 $\theta$ は、大きくても投影レンズPLの射出(ウエハW)側の開口数(N.A.)を越えることはない。さらに、ウ

光ビート信号となる。

一方、偏光ビームスプリッター27cを通過する2本のP偏光ビームLB1p(周波数 $f_1$ )、LB2p(同 $f_2$ )は、瞳リレー系27gの内部で平行光束となって、一度交差した後に射出され、各主光線がLIA光学系27の光軸AXbに対して平行となると共に、瞳面内で光軸AXbを挟んで点対称な2点にスポットとして集光する結像光束となる。ビームLB1p、LB2pは上記瞳面内若しくはその近傍に配置された平行平板27hを通った後、レンズ27iにより所定角度だけ傾いた平行光束となって平行平板27jに入射する。平行平板27h、27jは、共にLIA光学系27の光軸AXbに対して2次元傾斜可能に設けられ、レンズ27iはその後側焦点位置がレンズ31x、31yの前側焦点位置と一致するように配置される。平行平板27jを通過、即ちLIA光学系27を射出した2本の第2光束としてのビームLB1p、LB2pは、上述したスポット光SPと同様に、ビームスプリッター29

エハ表面と共役(像共役)に配置された視野絞り30x、30yは、ウエハW上でのアライメント用照明光の形状(照射領域)を任意に設定するためのものであり、その形状はスポット光SPとビームLB1p、LB2pとで共用されるように定められている。尚、第4図においてウエハマークWMYのピッチ方向は紙面内の左右方向であり、ビームLB1p、LB2pの各々の光軸AXからの傾き方向も第4図の紙面内に定められる。

さて、ビームLB1p、LB2pが交差角 $\theta$ でウエハマークWMY上に入射すると、ビームLB1p、LB2pが交差している空間領域内で、光軸AXと垂直な任意の面内(ウエハ面)には、格子ピッチPに対して整数倍のピッチ $P'$ ( $P' = P/2$ )で、1次元の干渉縞が作られることになる。この干渉縞はウエハマークWMYのピッチ方向(Y方向)に、ビームLB1p、LB2pの差周波数 $\Delta f$ に対応して移動(流れる)ことになり、その速度Vは、 $V = \Delta f \cdot P'$ なる関係式で表される。これより、ウエハマークWMYからは光軸

A X上に沿って進行し、干渉縞の移動によって明暗の変化を周期的に繰り返すビート波面になる±1次回折光(干渉光)37が発生する。この回折光37は投影レンズPL、1/4波長板33b等を通り、偏光ビームスプリッター33aで反射された後、隠りレー系33hを介して光電検出器33iにより受光される。光電検出器33iから出力される光電信号SDwは、干渉縞の明暗変化の周期に応じた正弦波状の交流信号(ビート周波数、以下光ビート信号と呼ぶ)SDwとなってASC14に出力される。

ここで、上述した光電検出器33iの概略的な構成を第6図に示す。第6図に示すように光電検出器33iは、スポット光SPの照射によってLSAマークWMysから発生する、例えば±1〜3次回折光35の分布に合わせた受光面38a、38bと、そのエッジから発生する散乱光36の分布に合わせた受光面39a、39b及び、ビームLB1p、LB2pの照射によってウェハマークWMxから発生する回折光37を受光するよう

モリに番地順に記憶させた後、所定の演算処理によってウェハマークWMxのY方向の位置を検出する。尚、ASC14は光電信号SDi、SDrの波形処理を並行して行い、両方の検出結果からウェハマークWMxの位置を決定することが望ましい。また、LIA系(ビームLB1p、LB2p)を用いる時、光電検出器33iから出力される光ビート信号SDwと、参照信号として光電検出器27iから出力される光ビート信号SRとを入力し、光ビート信号SRを基準とした光ビート信号SDwの波形上の位相差を検出する。この位相差(±180°)は、ウェハマークWMxのP/2内の相対位置ずれ量に一義的に対応している。ここで、ウェハマークWMx、WMyのピッチPを8μmとし、ASC14の位相検出の分割能が0.2°であるものとする、位置ずれの計測分解能は0.0044μmにもなる。実際にはノイズ等の影響も受けるため、実用的な計測分解能は0.01μm(位相で0.4°)程度になる。この検出方式は所謂ヘテロダイン方式であ

に配置された受光面37Dを有する分割受光素子である。尚、上述した如くスポット光SPをLSAマークWMysに照射すると、LSAマークWMysからは回折光35と共に正反射光34や散乱光36も発生し、この正反射光34や散乱光36は受光面37D上に集光される。しかし、本実施例ではシャッター24、25を回転制御して、スポット光SPとビームLB1p、LB2pとが同時にウェハW上に照射されないように切換えを行っているため、受光面37Dで正反射光34及び散乱光36と回折光37とが混在してしまうクロストークは防止される。

次に、ASC14は上記LSA系(スポット光SP)を用いる時、光電検出器33iから出力される光電信号SDi(又はSDr)と、レーザ干渉計8からの位置信号とを入力し、ウェハステージWSの単位移動量(0.02μm)毎に発生するアップ・ダウンパルス信号に同期して光電信号SDi(又はSDr)をサンプリングする。そして、各サンプリング値をデジタル値に変換してメ

り、ウェハWがP/2の位置誤差範囲内であれば、静止状態であっても高分解能で位置ずれを検出できるものである。主制御装置15は、シャッター24、25を同時に駆動制御したり、ASC14からのマーク位置や位相差(位置ずれ量)の情報、レーザ干渉計6、8からの位置情報等に基づいて、駆動部5、7に所定の駆動指令を出力し、レチクルRとウェハWとのアライメントを行う他、焦点検出系11、WGA12、13等を含む装置全体を統括制御する。

(以下、余白)

さて、第1図、第4図中に示した本件発明の光分割手段としてのビームスプリッター29は、このビームスプリッター29より後方に配置された光学部材、即ち視野紋り30x、30yや位置検出系33x、33y等において、LSA光学系26の光軸AXaとLIA光学系27の光軸AXbとを正確に合致させ、スポット光SPとビームLB1p、LB2pとで位置検出系33x、33y等を共有させるため、スポット光SPとビームLB1p、LB2pとが、同一平面（レチクルRと平行な平面）内で互いに略直交して分割面29aに入射するように配置されている。この際、ビームスプリッター29の位置を調整するだけでは、精度良く光軸AXaとAXbとを合致させることは難しい。そこで、本実施例ではステッパーの製造時或いはイニシャライズ時に、LSA光学系26及びLIA光学系27の内部にそれぞれ設けられた平行平板26f、27jの傾斜角を調整しておく。つまり、スポット光SPとビームLB1p、LB2pとをそれぞれ微小量だけシフトさせ

スポットの位置間隔を一定に保ったまま）、平行平板46、47の少なくとも一方を傾斜させる。この結果、ウェハW上では干涉縞のピッチ方向とウェハマークのピッチ方向とが正確に一致することになり、光ビート信号SDwを高いコントラストで得ることができる。

また、上述した平行平板26d、27hは、共にSSA系の瞳面又はその共役面若しくはそれらの近傍のいずれかの面内に配置される。このため、平行平板26d、27hをそれぞれ所定角度だけ傾け、入射瞳PLaでのスポット光SPとビームLB1p、LB2pとの各スポットを2次元的に移動させれば、投影レンズPLの射出（ウェハW）側でのスポット光SPの主光線と、ビームLB1p、LB2pの2等分線となる2ビームの主光線との光軸AXに対する傾き（以下、簡単にテレセン傾きと呼ぶ）を調整できる。そこで、スポット光SPとビームLB1p、LB2pとのテレセン傾きが零、若しくは所定の許容範囲内に入るように、本実施例では、例えばステッパーの

ることによって、スポット光SPとビームLB1p、LB2pとのビームスプリッター29への入射位置の微調整を行っておくものとする。

また、第5図に示した平行平板46、47を所定角度だけ傾けると、SSA系の瞳面、例えば入射瞳PLaにおいて、光軸AXを挟んで形成されるビームLB1、LB2のスポットは、それぞれ傾斜角に応じて2次元移動する。このことは、入射瞳PLaでのビームLB1p、LB2pのスポット間隔、即ちウェハマークWMx、WMy上での交差角 $\theta$ が、平行平板46、47の傾斜角により規定されることを意味する。従って、本実施例では予めビームALs（AL）の波長に応じて平行平板46、47を傾斜させ、ビームLB1p、LB2pの交差角 $\theta$ を調整しておくものとする。この際、同時にビームLB1p、LB2pによって作られる干涉縞のピッチ方向と、入射瞳PLaでのビームLB1p、LB2pの各スポットを結ぶ直線とが略平行となるように、交差角 $\theta$ を維持しながら（即ち、入射瞳PLaでの2つの

イニシャライズ時に、各テレセン傾きに応じて平行平板26d、27hの傾斜角が調整される。尚、上述した如く平行平板46、47及び26d、27hの傾斜角の調整が終了すると、入射瞳PLaにおけるスポット光SPの中心と、ビームLB1p、LB2pの各スポット（中心）とを結ぶ直線の方向が、ウェハマークのピッチ方向（周期方向）と略平行となる。

ここで、上述した平行平板46、47をそれぞれ同方向に同一角度だけ傾斜させれば、入射瞳PLaにおいてビームLB1p、LB2pの各スポットは間隔が一定のまま、その傾斜角に応じて2次元移動されることになる。従って、平行平板46、47もテレセン傾きの補正機能を有することになって、平行平板27hを別設する必要がなくなる。しかしながら、本実施例では調整時間や調整の容易さ等の点から、平行平板46、47はビームLB1p、LB2pの交差角 $\theta$ 、即ち干涉縞のピッチを調整するものとし、そのテレセン傾きの補正は平行平板27hにより行うも



のとする。尚、ビームLB1p, LB2pの波長を $\lambda$ 、ウェハマークWMYのピッチをP、ウェハWへのビームLB1p, LB2pの入射角を、それぞれ光軸AXを挟んで $\theta a$ ,  $\theta b$ （但し、交差角 $\theta = \theta a + \theta b$ ）とすると、平行平板46, 47及び27hは、以下に示す式(1)の関係を満たすようにその傾斜角が調整される。

$$\sin \theta a = \sin \theta b = n \lambda / P \quad (n = 1, 2, \dots) \dots (1)$$

この結果、ビームLB1p, LB2pの入射角 $\theta a$ ,  $\theta b$ の対称性が維持され、テレセン傾き等が補正されると共に、ウェハマークから発生する回折光37は常に光軸AX上に沿って進行することになる。

また、第2図及び第4図中に示した平行平板33c（本発明の偏向部材）も、SSA系の瞳共役面の近傍に配置されており、平行平板26d, 27hと全く同様の機能、即ちテレセン傾きの補正機能を有する。特に、平行平板33cは位置検出系33y内に配置され、入射瞳PLaでのスポット光SP及びビームLB1p, LB2pの各

8図に示すように基準部材10、即ち基準マーク10yをビームLB1p, LB2pの照射位置に設定する。次に、位置検出系33yから射出するビームLB1p, LB2pで基準マーク10yを照射した状態で、焦点検出系11を用いて投影レンズPLと基準部材10とのZ方向の間隔をモニターしながら、ウェハステージWSを構成するZステージ（不図示）を所定の範囲内で、X、Y方向に横ずれが生じないようにZ（光軸AX）方向に上下動させる。そして、ASC14は光電検出器27fからの光ビート信号SRと、光電検出器33iからの光ビート信号SDwとの位相差 $\phi w$ の変化を検出する。主制御装置15は、位相差情報（位相差 $\phi w$ の変化）と、焦点検出系11からの位置情報とに基づいて、位相差 $\phi w$ の変化をZステージのZ方向への微小変位量毎にサンプリングしていき、第9図に示すような特性VTを算出する。第9図において、横軸は基準部材10のZ方向の位置を、縦軸は位相差 $\phi w$ を表し、位置Z4で基準部材10が最も投影レンズPLに近づく

スポットを、同時に同量だけ移動させるように構成されている。従って、投影レンズPLのウェハW側でのテレセン傾きは共に等しいと考えられるため、どちらか一方のテレセン傾きに応じて平行平板33cの傾斜角を調整すれば、スポット光SP及びビームLB1p, LB2pのテレセン傾きが同時に補正されることになる。尚、本実施例ではステッパーのイニシャライズ時に平行平板33cの傾斜角調整を行わず、例えば平行平板33cがSSA系の光軸（AXa, AXb）と正確に直交するように設定されている状態で、平行平板26d, 27hの傾斜角のみを調整して、スポット光SP及びビームLB1p, LB2pのテレセン傾きを補正しておくものとする。

次に、第7図～第11図を参照して本実施例による装置の調整動作とマーク検出動作について説明する。第7図は、本実施例の動作の一例を示す概略的なフローチャート図である。

ステップ100において、主制御装置15は駆動部7によりウェハステージWSを移動させ、第

ものとする。従って、主制御装置15は第9図に示した特性VTに基づいて、ビームLB1p, LB2pのテレセン傾き（即ち、第9図中での特性VTの傾き） $\Delta M$ を、以下の式(2)から求める。

$$\Delta M = \Delta L / |Z1 - Z4| \dots (2)$$

但し、 $\Delta L$ は位相差 $|\phi1 - \phi4|$ に相当するY方向の横ずれ量であるものとする。

次に、主制御装置15は上記式(2)から算出したテレセン傾き $\Delta M$ が、所定の許容範囲内か否かを判断する。この判断の結果、テレセン傾き $\Delta M$ が許容範囲を越えている場合のみ、主制御装置15はテレセン傾き $\Delta M$ に基づいて平行平板33cの傾斜角を算出する。そして、この傾斜角に応じて平行平板33cを傾け、ビームLB1p, LB2pのテレセン傾きを補正する。同様に、位置検出系33xから射出するビームLB1p, LB2pのテレセン傾きも計測し、上述と同様の動作でテレセン傾きが許容範囲を越えている場合のみ補正を行う。この結果、ウェハW上へ照射されるビームLB1p, LB2pの入射角 $\theta a$ ,  $\theta b$

の対称性が高精度に維持されると共に、ビームLB1p、LB2pのテレセン傾き補正と同時に、スポット光SPのテレセン傾きも自動的に補正されることになる。尚、本ステップ100では、焦点深度が20 $\mu$ m程度のスポット光SPと比べて、Z方向に関する実効的な検出範囲が広いビームLB1p、LB2p（焦点深度300 $\mu$ m程度）を用い、基準部材10をZ方向に上下動させているだけなので、高精度、高速にテレセン傾きを計測し、補正できる。これより、SSA系のテレセン傾きチェックが終了し、次のステップ101を実行する。

ステップ101において、シャッター24、25を同時に回転制御し、LSA光学系26に入射するビームALpの光路を開放する一方、LIA光学系27に入射するビームALsの光路を閉鎖する。この結果、ビームALpのみがLSA光学系26に入射し、ウェハW上にはビームLB1p、LB2pの代わりにスポット光SPが照射されることになる。これより、LIA系からLSA系へ

れた基準マーク10yを用いて、スポット光SPのY方向の光軸位置を計測する。そこで、スポット光SPをLSAマーク10ysと平行に基準部材10上に形成した後、主制御装置15はウェハステージWSをY方向に微動させ、LSAマーク10ysから発生する回折光35及び散乱光36を光電検出器33i（受光面38a、38b及び39a、39b）により受光する。そして、ASC14は光電検出器33iからの光電信号SDi、SDrと、レーザ干渉計8からの位置信号とに基づいて、LSAマーク10ysの位置を算出する。以上の検出結果から、主制御装置15はSSA系のY方向のベースライン $\Delta B_y$ を求め、さらに上述と全く同様の動作でX方向のベースライン $\Delta B_x$ も算出する。この際、精度向上の点から同様の計測を複数回行ない、それらを平均化した値をベースライン $\Delta B_x$ 、 $\Delta B_y$ として記憶すると良い。

次のステップ103において、主制御装置15はWGA系12、13及びSSA系を用い、ウェハWのブリアライメントを行う。そこで、WGA

の切換えが終了し、次のステップ102を実行する。

ステップ102において、レチクルマークRM<sub>y</sub>のY方向の位置と、SSA系のY方向のマーク検出基準位置、即ち位置検出系33yから射出するスポット光SPの光軸位置とを検出し、Y方向のベースライン $\Delta B_y$ を算出する。そこで、第10図に示すように基準部材10を露光光で下方から照明し、投影レンズPLを介してレチクルRに十字パターン10aの投影像を結像させる。そして、投影像がレチクルマークRM<sub>y</sub>（矩形の透明窓）を相対走査するようにウェハステージWSをY方向に微動し、レチクルマークRM<sub>y</sub>を透過した照明光を光量検出系9により受光する。この際、投影像とレチクルマークRM<sub>y</sub>とが合致した時に最大光量が通過し、順次そのずれに応じて光量が減少する。これより、ASC14は光量検出系9からの光電信号とレーザ干渉計8からの位置信号とに基づいて、レチクルマークRM<sub>y</sub>のY方向の位置を算出する。次に、基準部材10上に形成さ

系12、13はウェハWの外周付近に、且つウェハセンタに関して左右（Y軸）対称な位置に形成された2個のチップのY方向の位置を検出し、一方SSA系はステップ102と同様の動作でウェハWの外周付近に、且つ上記2個のチップから等距離にあるチップのX方向の位置を検出する。そして、主制御装置15は3つのチップの位置情報に基づいて、座標系XYに対するウェハWの位置ずれ量（回転誤差を含む）を算出し、この位置ずれ量に応じてウェハWのブリアライメントを行う。

次のステップ104において、主制御装置15はステップ102、103と同様の動作で、SSA系を用いてウェハW上の少なくとも2個のチップCの座標値（X、Y方向の位置）を計測する。この際、ウェハWの表面荒れ等によるランダム誤差のため、計測不可能若しくは計測結果が疑わしいチップCに関しては、再度計測を行うか、或いは改めてその近傍のチップCの計測を行うようにする。そして、ウェハWの伸縮（ランアウト）によるスケール誤差等を除去するため、これら

計測結果とステップ102で計測したベースライン $\Delta B_x$ 、 $\Delta B_y$ とに基づいてチップの位置情報（設計値）に補正を加え、新たにこの位置情報を配列マップとして記憶する。これより、配列マップに応じてウェハステージWSをステップングさせれば、常にウェハマークWM $x$ 、WM $y$ はビームLB1p、LB2pに対して、 $\pm P/4$ 内に位置決めされることになる。尚、ステップ103での計測結果を利用して配列マップを算出しても良く、この場合には配列マップの算出精度を向上させることができるか、或いは計測すべきチップCの数を減らすことができる。

次のステップ105において、上述したステップ101と同様にシャッター24、25を回転制御し、スポット光SPの代わりにビームLB1p、LB2pをウェハW上に照射する。これより、LSA系からLIA系への切換えが終了し、次のステップ106を実行する。

ステップ106において、主制御装置15はSSA系を用い、ウェハWの中心及びその外周付近

チップ102で計測したベースライン $\Delta B_x$ 、 $\Delta B_y$ と、ステップ106で算出したチップ配列とに基づいて、ウェハステージWSをステップングさせ、1チップ毎にレチクルRを回転制御しながらレチクルパターンの投影像とチップCとを正確に重ね合わせて露光を行う。

次のステップ108において、主制御装置15はレチクルRの交換を行うか否か判断する。ここでは、同じレチクルRを使用して同一ロット内に収納された未処理ウェハへの露光を続けて行うものとし、再びステップ103を実行する。以後、同一ロット内の全てのウェハWの露光が完了するまで、上記ステップ103からステップ108が繰り返し実行される。これより、スループットやアライメント計測精度等を低下させることなく、高精度、高速に重ね合わせ露光を行うことが可能になる。

尚、機械的な振動等を要因としてベースライン $\Delta B_x$ 、 $\Delta B_y$ が変動し得る場合、特に短時間でベースラインがドリフトしてしまうエキシマレー

に位置する複数個（5～10個程度）のチップCの座標値を計測する。そこで、ステップ104で求めた配列マップに基づいて、ウェハステージWSをステップングさせ、座標値を計測すべきチップCのウェハマークWM $y$ を、ビームLB1p、LB2pに対して $\pm P/4$ 内に位置決めする。次に、ビームLB1p、LB2pをウェハマークWM $y$ に照射し、ウェハマークWM $y$ から発生する回折光37を光電検出器331（受光面37D）により受光する。ASC14は、光電検出器331からの光ビート信号SDwと光電検出器27fからの光ビート信号（参照信号）SRとに基づいて、光ビート信号SDw、SRの位相差 $\phi_w$ （ $\pm 180^\circ$ ）を検出し、この $P/2$ 内の位相差 $\phi_w$ からウェハマークWM $y$ のY方向の位置を算出する。以下、上記動作を繰り返し行うことによって、主制御装置15は統計的手法によりチップ配列を算出する。これより、LIA系によるEGA計測が完了し、次のステップ107を実行する。

ステップ107において、主制御装置15はス

テップ装置を露光用照明光源とするステッパでは、例えば第7図中に点線で示すように、複数枚（例えば、5～10枚程度）のウェハWへの露光が完了したら、ステップ108終了後にステップ103ではなくステップ102を実行するようなシーケンスを採用すると良い。

また、本実施例では第3B図に示した基準マーク10yと同一形状、つまりLSA系の回折格子マーク（LSAマークWM $y$ s）と、LIA系の回折格子マーク（バーパターン）とを一体に形成したウェハマークWM $y$ を用いている。従って、LSAマークWM $y$ sは現像等の各種処理プロセスの影響を受け難く、そのエッジ破壊等が大幅に低減される。そこで、上述したステップ104においてチップCの座標値を計測する際、主制御装置15はその計測結果（例えば、光電信号SDiの波形等）に基づいて、ウェハW（レジスト層）の表面状態が良好か否か判断する。そして、この判断結果が不良であれば、本実施例と同様に続けてステップ105を実行するが、逆に良好であれ



ば、このままLSA系を用いてEGA計測を行ってしまい、ステップ105 (LSA系からLIA系への切換) 及びステップ106 (LIA系によるEGA計測) を行なわず、続けてステップ107を実行するようなシーケンスを採用しても良い。

また、本実施例ではHe-Neレーザ (波長633nm) を光源とするレーザ光源20を用いるものとしたが、このように単一波長のレーザビームではレジスト層の膜厚等との関係から、レジスト層による薄膜干渉等の影響を受けてアライメント精度が低下し得る。そこで、次に薄膜干渉等の影響を除去できる本実施例の変形例について、第11図を参照して簡単に説明する。尚、第11A図、第11B図には本実施例と構成が異なる部材のみ図示し、本実施例と同一の部材には同じ符号を付してある。

第11A図に示すように、SSA系の照明光源として上述したレーザ光源20と、例えばHe-Cdレーザ (波長538nm) を光源とするレーザ光源50とを設け、レーザ光源20、50から

0、50からビームAL、ALcを同時に射出し、LSA光学系26により互いに波長が異なる2つのスポット光SPをウェハW上に形成する。そして、ウェハマークWMYから発生する光情報 (回折光) を、その波長に応じて光電検出器33i、53により受光する。ASC14は、光電検出器33i、53からの光電信号とレーザ干渉計8からの位置信号とに基づいて、ウェハマークWMYのY方向の位置を検出する。この際、光電検出器33i、53によってウェハマークWMYの位置情報が同時に2つ検出されることになるため、どちらか一方の波長のスポット光SPが薄膜干渉等の影響を受けても、常に精度良くウェハマークWMYの位置を検出できる。

一方、ビームLB1p、LB2pを用いる場合には、レーザ光源20、50からビームAL、ALcを同時に射出せず、薄膜干渉等の影響を受け得る時のみ、例えばレーザ光源20からレーザ光源50への切換えを行う。そして、レーザ光源50から射出するビームALc、即ち波長538nm

それぞれ射出するビームAL、ALcが、同軸に波面回転板21に入射するようにダイクロイックミラー51を配置する。さらに、第11B図に示すように位置検出系33yにおいて、光電検出器33iの前にダイクロイックミラー52を斜設すると共に、第6図に示した光電検出器33iと同一構成の光電検出器53を隣共役面に別設し、ウェハマークWMYから発生する回折光37を、波長に応じて光電検出器33i、53がそれぞれ独立に検出するように構成する。また、SSA系を構成する対物レンズ33e等の各光学部材は、2つの波長に対して色消しされていることが望ましい。各光学部材が色消しされていない場合には、予め基準部材10を用いてウェハW上での波長に応じたスポット光SP及びビームLB1p、LB2pの照射位置のずれ量を計測しておき、主制御装置15がそれらずれ量をオフセットとして持つようにしておくが良い。

さて、上記の如く構成されたSSA系においてスポット光SPを用いる場合には、レーザ光源2

mのビームLB1p、LB2pを用い、ステップ106と同様の動作でウェハマークWMYを検出する。このため、ビームLB1p、LB2pにおいても薄膜干渉等によるアライメント精度の低下が防止される。尚、ビームLB1p、LB2pの波長が変化すると、ウェハマークWMYから発生する回折光37は投影レンズPLの光軸AX上に沿って進行せず、この回折光37を光電検出器33i、53で検出することが不可能となる。そこで、常に回折光37が光軸AX上を進行するように、レーザ光源20、50の切換えと同時に、式(1)に基づいて平行平板46、47の傾斜角を調整し、ビームLB1p、LB2pの交差角 $\theta$ を最適なものにしておく。また、第5図に示した2光束周波数シフター27aでは、AOM45a、45bが周波数 $f_1$ 、 $f_2$ で決まる回折角だけ偏向された1次光をビームLB1、LB2として出力している。このため、ビームALsの波長変化に応じてAOM45a、45bによる1次光の回折角も変化してしまい、同様に回折光37を光電

検出器33i, 53で検出することが不可能となる。そこで、AOM45a, 45bによる1次光の回折角が常に一定となるように、2光束周波数シフター27aでもビームAlsの波長に応じてAOM45a, 45bのドライブ信号SF1, SF2の周波数f1, f2を微調整しておく。

以上の通り本発明の一実施例においては、2本のビームLB1p, LB2pに所定の周波数差 $\Delta f$ を持たせる、所謂ヘテロダイン法を採用したLIA系を用いていたが、ビームLB1p, LB2pに周波数差を与えず、静止した干渉縞に対して回折格子マーク(ウェハマーク)をそのピッチ方向に移動させることにより、干渉縞を基準として回折格子マークの位置を検出する、所謂ホモダイン法を採用したLIA系を用いても、同様の効果を得ることができるのは明らかである。

また、本実施例ではLIA系をLSA系と組み合わせていたが、例えば投影レンズPLを介して照明光(露光光、He-Cdレーザ等)をウェハW上の所定領域に照射し、ウェハマークからの光

別々にウェハW上に形成しても同様の効果を得ることができる。さらに、LSA系の回折格子マークとして、複数のドットマークをスポット光SPの長手方向に配列したマークを用いていたが、単に長手方向に伸びたバーパターンを代用しても良い。また、ウェハWは現像処理等の各種基板処理を施されるため、デューティが1:1のレチクルマークを転写しても、常に本実施例のようなウェハマークがデューティ比1:1で形成されるとは限らない。そこで、予め各種基板処理によるウェハマークのデューティの変化量を予測しておき、ウェハマークのデューティが1:1となるように、この予測値から算出したデューティ比でレチクルマークを形成すると良い。さらに、デューティ比1:1で形成したウェハマークを用いても、レジスト層の膜厚との関係でウェハマークから発生する回折光37の強度が弱くなり、光ビート信号SDwを高いコントラストで得ることができなくなる。このような場合には、予めレジスト層の膜厚に応じて回折光強度が最も強くなるウェハマーク

を、ウェハ表面と共役(像共役)に配置された所定形状の指標マークを有する指標板(焦点板)を介して、ITV、CCDカメラ等の撮像素子(イメージセンサ)により受光し、その画像信号を処理する方式のアライメント光学系(TTL方式)と組み合わせても良い。尚、照明光としてHe-Cdレーザ等の非露光波長の光を用いる場合には、アライメント光学系内に収差補正光学系を設けておく。さらに、第2図中に示したような振動鏡を用いたスポットスキャン方式のWGA系12, 13や、LSA系のようなステージスキャン方式或いは上述した画像信号処理方式を採用したオフ・アクシス方式のウェハ・アライメント系と組み合わせても良い。

また、本実施例ではLSA系の回折格子マーク(ドットマーク)と、LIA系の回折格子マーク(バーパターン)とを、ウェハマークWMx、WMyとして一体に形成していたが、予め両方の回折格子マークの設計上の間隔をオフセットとして持つようにしておけば、両方の回折格子マークを

のデューティ比を求めておき、この最適なデューティ比でウェハマークが形成されるように、各種基板処理によるデューティの変化量等を考慮してレチクルマークを形成すると良い。

さらに、本発明によるアライメント光学系を適用するのに好適な露光装置はステッパーに限られるものではなく、例えばコンタクト方式或いはプロキシミティー方式の露光装置やX線露光装置等に適用しても、本実施例と全く同様の効果を得ることができる。

#### [発明の効果]

以上のように本発明によれば、異なる2種類のアライメント光学系を組み合わせる際、本発明の光分割手段(ビームスプリッター)を始めとして、2組のビーム成形光学系以外の光学部材を最大限共有させている。このため、露光装置内、特にレチクル周辺でのスペースを最小とし、且つ2種類のアライメント光学系間でのオフセットの発生を防止できる。しかも、光学部材の共有化に伴うア

ライメント光の光量損失、照明光路の不安定化も防止できる。また、光分割手段より後方に配置された2組の光学部材(位置検出系等)の各々で、2種類のアライメント光学系の光軸を正確に合致させる際、いずれか一方での光軸が正確に合致するように光学調整を行えば、もう一方での光軸も正確に合致するので、その光学調整に要する時間も短く済ませることができる。さらに、ヘテロサイン法或いはホモサイン法を採用したアライメント系(LIA系)とLSA系(或いはWGA系)とを組み合わせる場合、両方のアライメントマーク(回折格子マーク)を一体に感光基板に形成することができる。このため、LSA系の回折格子マークが基板処理プロセスの影響を受け難くなって、回折格子マークのエッジ破壊等の発生が大幅に低減され、LSA系のアライメント計測精度を向上させることができる。また、LIA系及びLSA系からの照明光の各主光線の角度を同時に偏向する偏向部材(平行平面板33c)を、少なくとも感光基板側がテレセントリックな対物光学系

明によるアライメント光学系の光電検出器の概略的な構成を示す図、第7図は本発明の実施例の動作の一例を示す概略的なフローチャート図、第8図はテレセン傾きの説明に供する平面図、第9図はテレセン傾き補正の説明に供するテレセン性の計測データを表すグラフ、第10図はレチクルマークの位置計測動作の説明に供する図、第11A図、第11B図は本発明の変形例の説明に供する平面図である。

#### 〔主要部分の符号の説明〕

6, 8…レーザ干渉計、10…基準部材、11a, 11b…焦点検出系、12, 13…ウエハ・アライメント系、14…アライメント信号処理回路、15…主制御装置、20～33…サイト・バイ・サイト・アライメント系、27f, 33i, 53…光電検出器(受光素子)、1L…露光用照明光、CL…コンデンサーレンズ、R…レチクル、PA…パターン領域、RS…レチクルステージ、PL…投影レンズ、PLa…入射瞳、AX…光軸、

の瞳面又はその共役面、若しくはそれら近傍のいずれかの面内に配置している。このため、LIA系を用いて対物光学系の感光基板側のテレセン傾きを計測し、このテレセン傾きに応じて偏向部材の傾斜角を調整するだけで、LIA系及びLSA系のテレセン傾きを同時(高速)に、しかも精度良く補正できる。この結果、高精度、高速にアライメント及びテレセン傾き補正が可能なアライメント光学系を備えた露光装置を実現し得る。

#### 4. 図面の簡単な説明

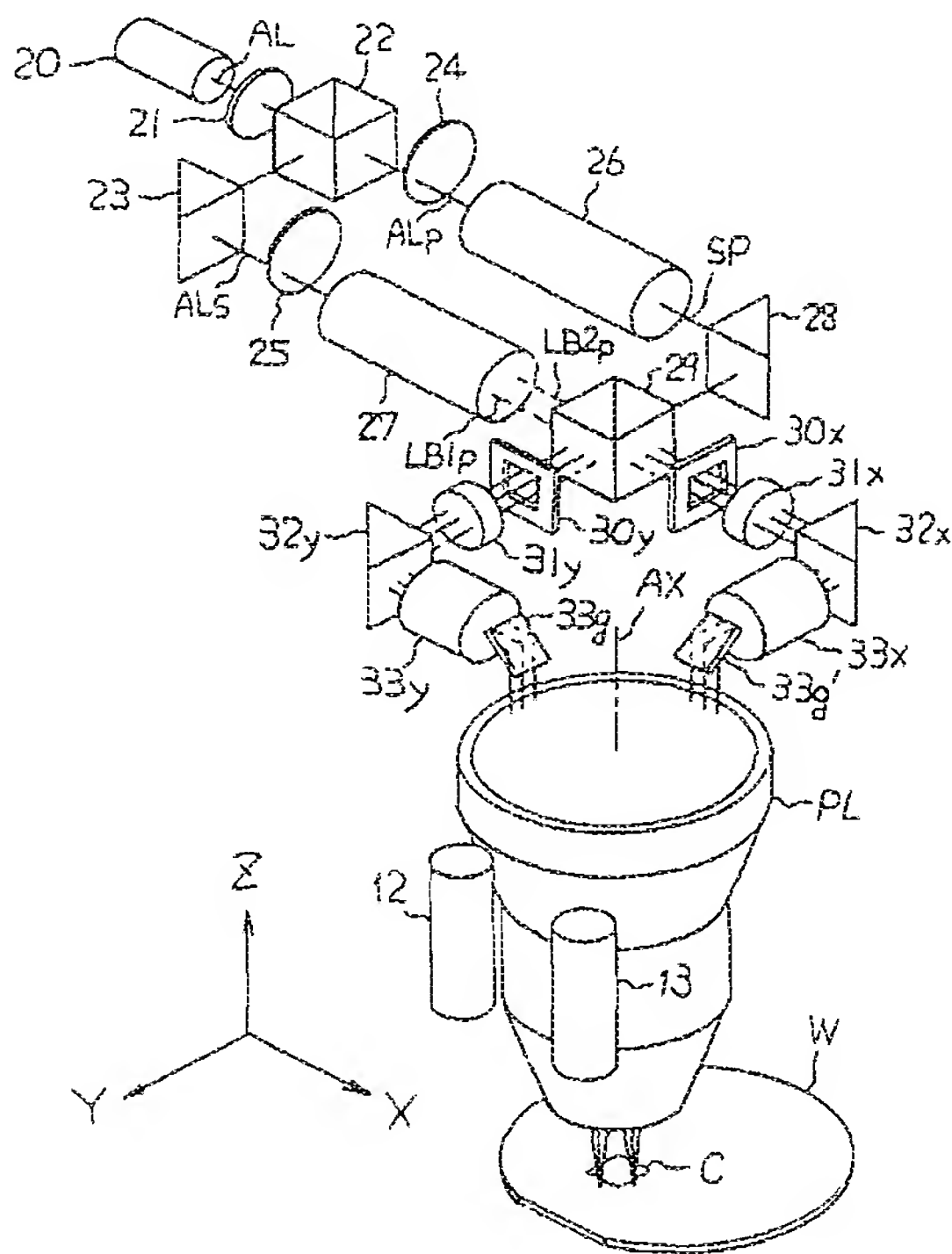
第1図は本発明によるTTL方式のアライメント光学系の概略的な構成を示す斜視図、第2図は本発明によるアライメント光学系を備えたステッパーの概略的な構成を示す平面図、第3A図、第3B図は基準部材に設けられたフィデューシャル・マークの概略的な構成を示す平面図、第4図は第1図に示したアライメント光学系の主要部をさらに詳細に説明した平面図、第5図は2光束周波数シフターの詳細な構成を示す図、第6図は本発

IM…結像面、W…ウエハ、WS…ウエハステージ。

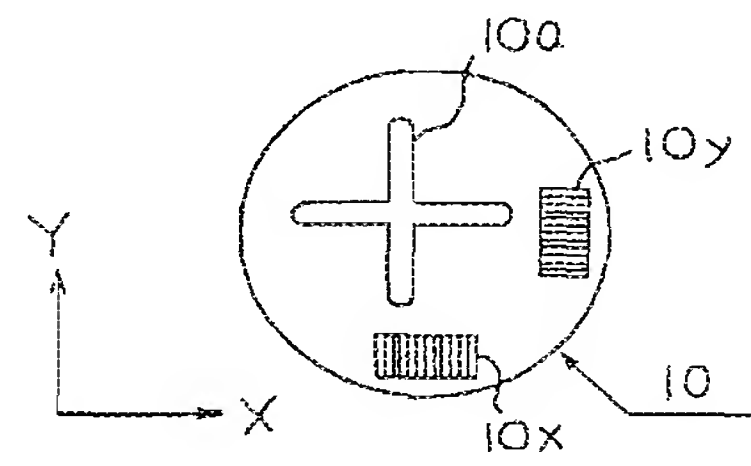
出願人 株式会社 ニコン

代理人 弁理士 渡辺 隆男

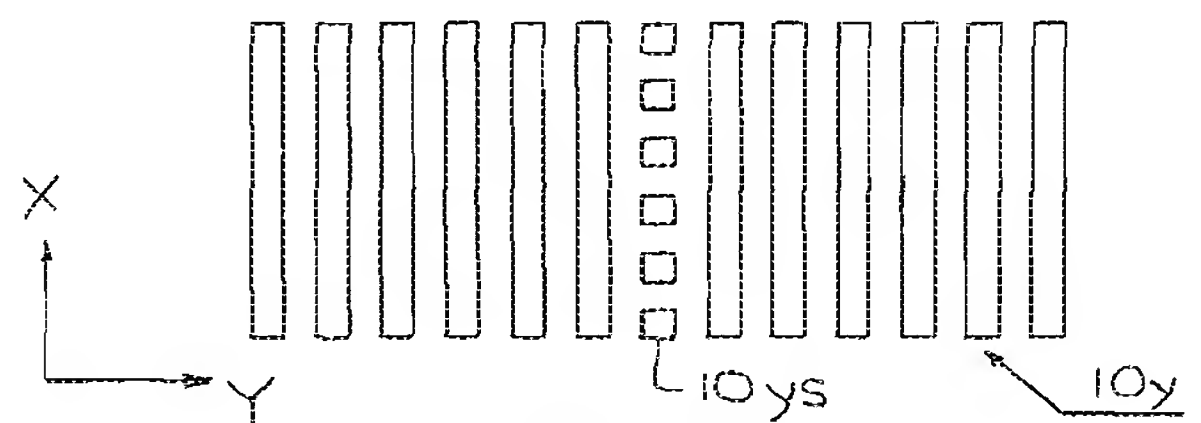




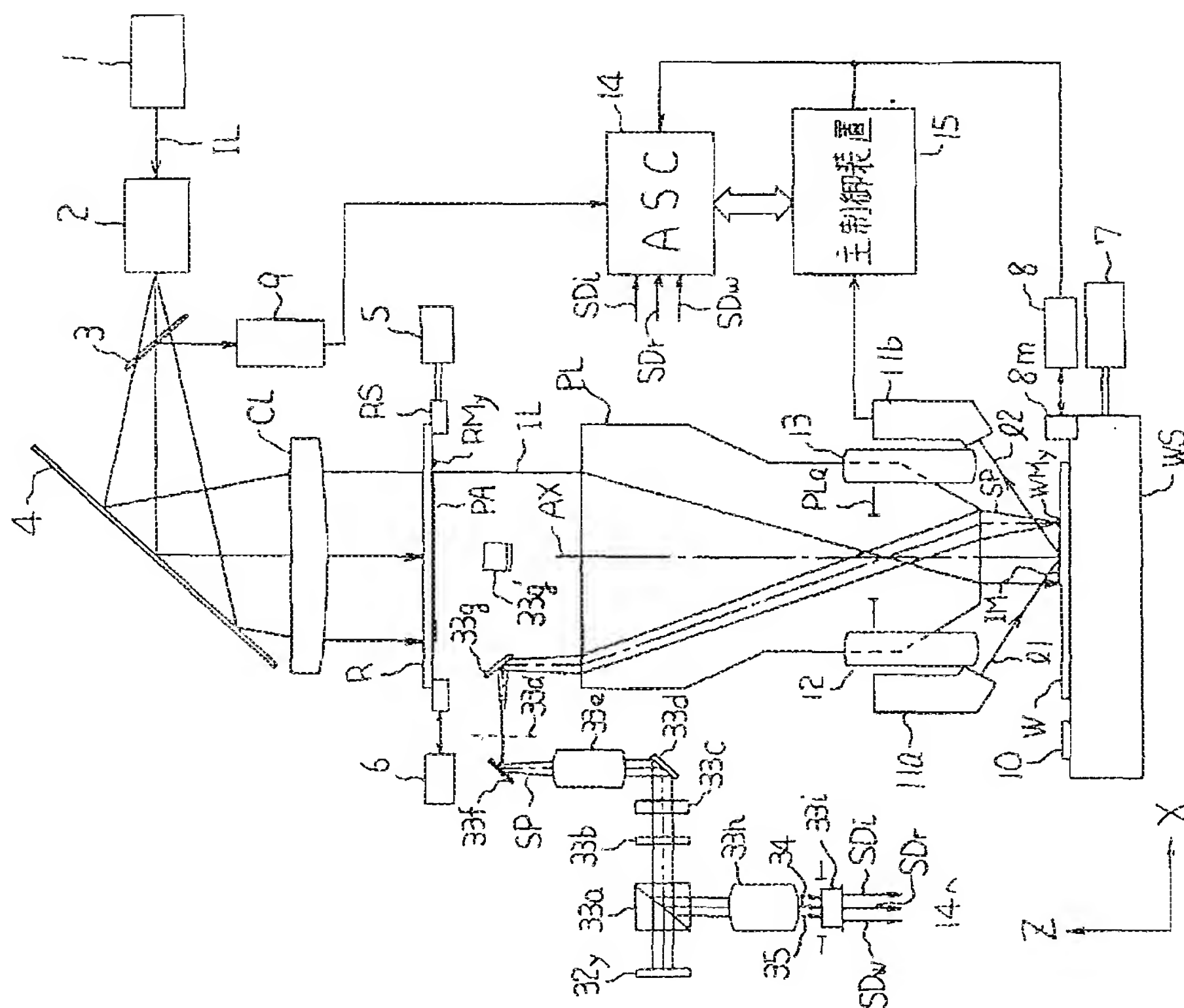
第 1 図



第 3A 図

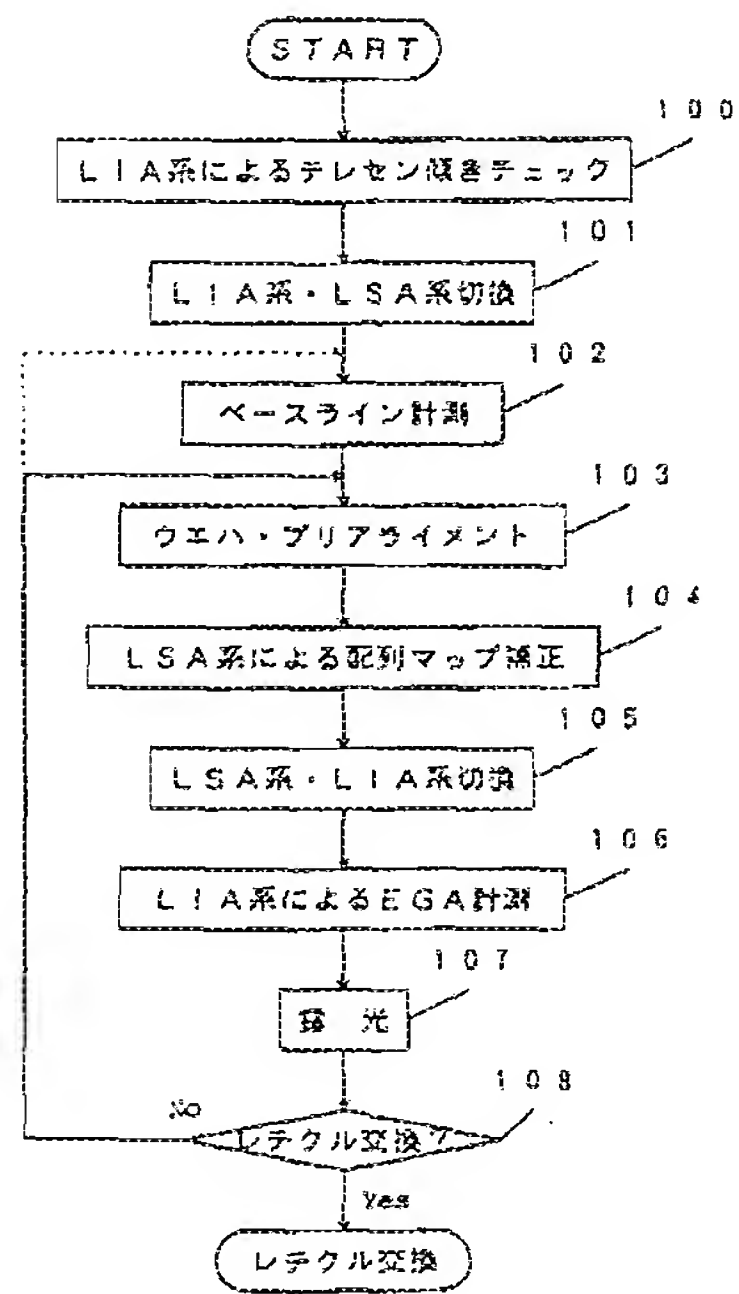


第 3B 図

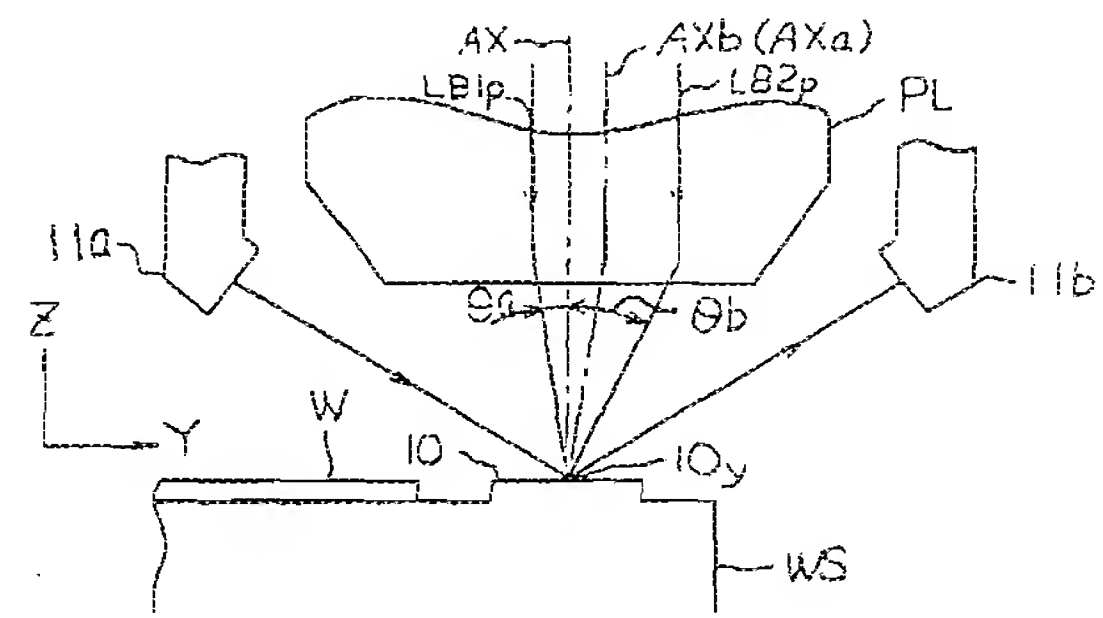


第 2 図

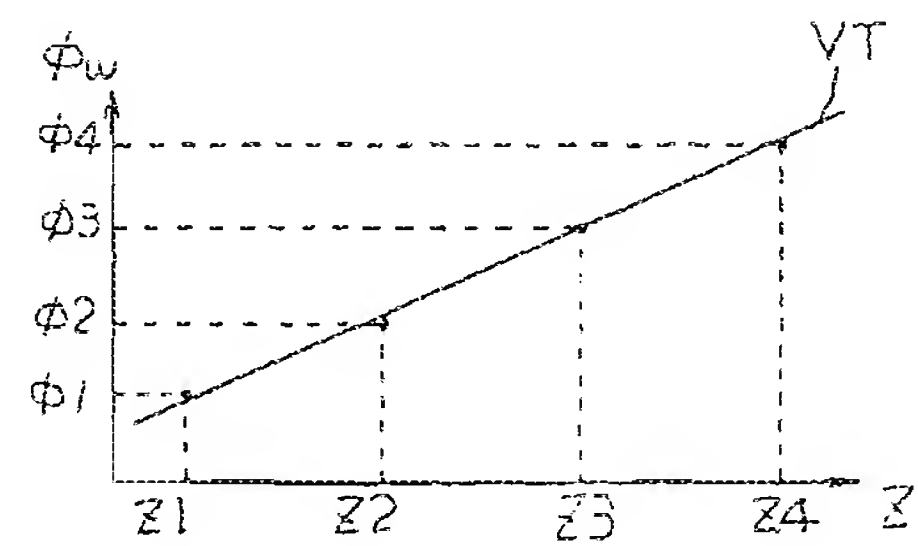




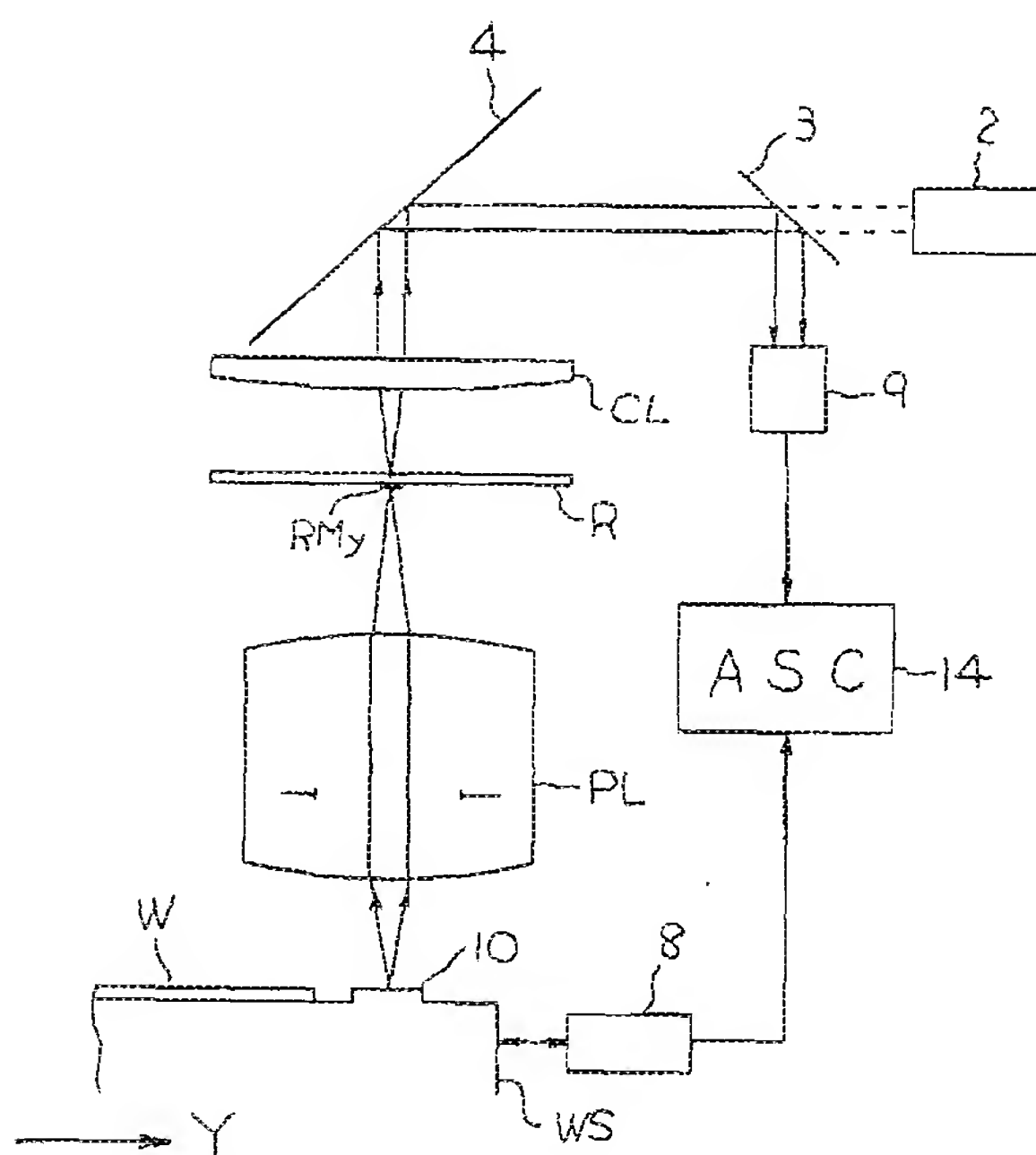
第7図



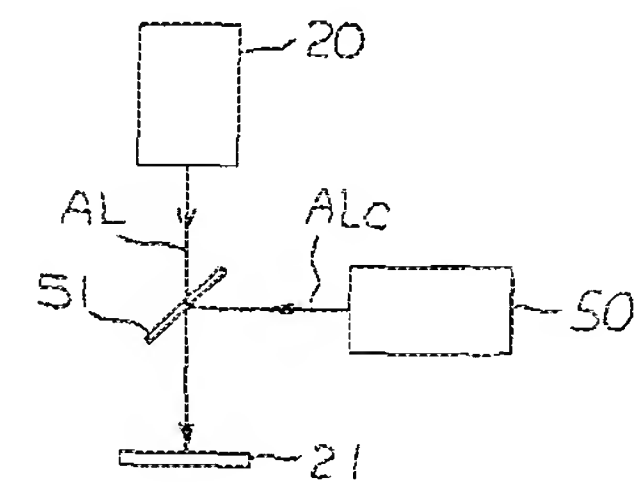
第8図



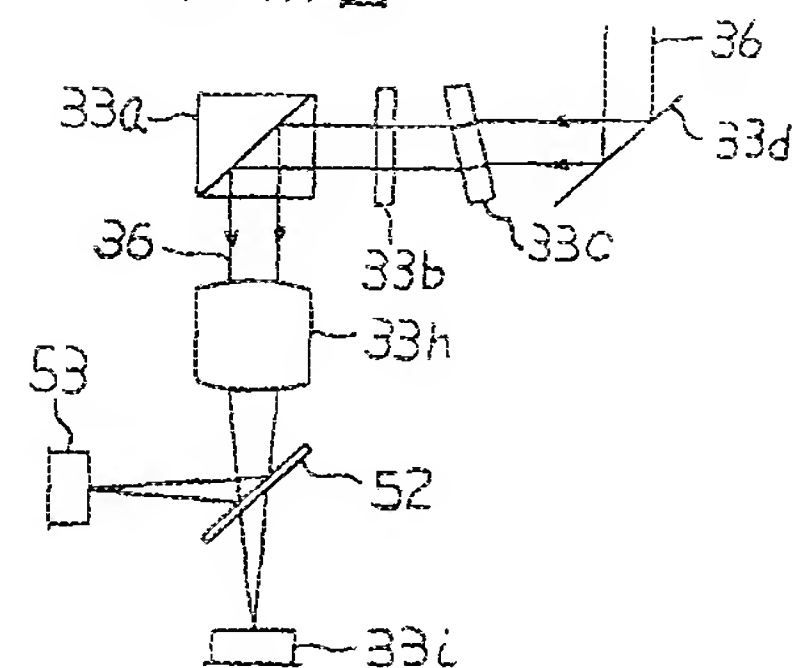
第9図



第10図



第11A図



第11B図